

SISTEMA DE DETECÇÃO DE ACIDENTES DE TRÂNSITO (SDAT)

Bernardo Pinto Soares¹

Rafael Arcanjo Pinto Soares²

Yan Nora e Ramos³

Arnaldo Cesar Almeida Oliveira⁴

Julio César Pontes de Figueiredo⁵

juliocesarpontesdefigueiredo@gmail.com.br

ÁREA DO CONHECIMENTO: Engenharia

RESUMO

Este artigo apresenta o desenvolvimento do Sistema de Detecção de Acidentes de Trânsito (SDAT), realizado por alunos do 3º ano do Ensino Médio da Escola FIRJAN SESI Três Rios/RJ. O SDAT identifica capotamentos ou colisões e envia alertas de emergência, utilizando a placa microcontroladora ESP-32, sensores de alta precisão, módulo GPS e relógio em tempo real. No protótipo, a comunicação ocorre via Bluetooth com smartphone; na versão final, prevê-se envio por satélite. O objetivo é reduzir o tempo de resposta em acidentes, principalmente em regiões de difícil acesso, aumentando a segurança viária. O projeto está alinhado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 3 e 9, demonstrando aplicação prática de tecnologia e inovação na Educação Básica.

PALAVRAS-CHAVE: Sensores embarcados; Detecção de acidentes; Comunicação de emergência; Segurança veicular

1 INTRODUÇÃO

O automóvel é um elemento central na sociedade contemporânea, permitindo mobilidade rápida, transporte de bens e integração com setores industriais e comerciais. No Brasil, a frota de veículos atingiu cerca de 124 milhões em 2024 (Ministério dos Transportes, 2024), refletindo a crescente dependência desse meio de transporte. Com o aumento da frota, os acidentes de trânsito tornaram-se uma grave questão de saúde pública, resultando em aproximadamente 33 mil mortes em 2022,

¹ Estudante do 3º ano do Ensino Médio da Escola FIRJAN SESI Três Rios

² Estudante do 3º ano do Ensino Médio da Escola FIRJAN SESI Três Rios

³ Estudante do 3º ano do Ensino Médio da Escola FIRJAN SESI Três Rios

⁴ Mestre em Modelagem Matemática e Computacional (UFRRJ). Licenciado em Matemática (UNIRIO). Doutorando em Computação (UFF). Professor de Matemática e Educação Tecnológica da Escola FIRJAN SESI Três Rios.

⁵ Mestre em Ensino de Física (UFJF). Licenciado em Física (UFRJ). Tutor presencial do curso de Física pela UFRJ/CEDERJ. Professor de Física e Educação Tecnológica da Escola FIRJAN SESI Três Rios.

uma média de 92 óbitos diários (Ministério da Saúde, 2022). Globalmente, a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2022) estima que mais de 1,3 milhão de pessoas morrem anualmente em acidentes de trânsito, sendo o Brasil um dos países com maior taxa proporcional de mortalidade em relação ao número de veículos em circulação.

Além do impacto humano, os acidentes de trânsito geram enormes custos sociais e econômicos, incluindo despesas hospitalares, seguros e perda de produtividade, totalizando bilhões de reais anualmente no país (DENATRAN, 2023). Nesse contexto, tecnologias capazes de detectar automaticamente acidentes e acionar socorro tornam-se ferramentas estratégicas para reduzir mortes e sequelas, especialmente em áreas de difícil acesso e cobertura limitada de redes móveis.

Embora algumas soluções comerciais já existam, elas apresentam limitações significativas: custo elevado, complexidade de operação e alta incidência de falsos positivos. Estudos recentes demonstram que sistemas automáticos de detecção de acidentes, baseados em sensores embarcados e algoritmos de análise de movimento, podem reduzir o tempo de resposta em até 40%, aumentando significativamente a chance de sobrevivência (Oliveira, 2022).

Diante desse cenário, alunos do 3º ano do Ensino Médio da Escola FIRJAN SESI Três Rios propuseram o desenvolvimento do Sistema de Detecção de Acidentes de Trânsito (SDAT). O dispositivo utiliza sensores de alta precisão, placa microcontroladora, módulo *GPS* e relógio de tempo real, permitindo identificar colisões e capotamentos e enviar alertas de emergência de forma autônoma. No protótipo, a comunicação é feita via Bluetooth com smartphone; na versão final, prevê-se envio por satélite, garantindo cobertura global.

O projeto está alinhado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 3 e 9, orientando-se para a promoção da saúde, inovação tecnológica e melhoria da infraestrutura de segurança viária. Além disso, evidencia a integração entre aprendizagem prática e resolução de problemas sociais complexos, demonstrando que estudantes do Ensino Médio podem desenvolver soluções reais, inovadoras e aplicáveis à sociedade.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A segurança viária é um tema de grande relevância para a saúde pública e o desenvolvimento urbano sustentável. Estudos mostram que a redução do tempo de resposta em acidentes é um fator crítico para a diminuição da mortalidade e das sequelas permanentes (ANAPH, 2024). A "*Golden Hour*", conceito amplamente utilizado na medicina de emergência, define o período crucial após um trauma grave, no qual o atendimento rápido aumenta significativamente a chance de sobrevivência do paciente. Em acidentes de trânsito, cada minuto de atraso no socorro pode resultar em consequências graves (Ministério da Saúde, 2022).

Diante dessa necessidade, sistemas automatizados de detecção de acidentes tornaram-se ferramentas estratégicas para reduzir o tempo de resposta. Esses sistemas utilizam sensores embarcados, como acelerômetros, giroscópios e sensores de inclinação, que permitem monitorar continuamente o movimento do veículo. A combinação desses sensores possibilita identificar colisões e capotamentos com maior precisão, reduzindo falsos positivos e aumentando a confiabilidade do alerta (Oliveira, 2022).

A comunicação de emergência é outro ponto central para a eficácia do sistema. Protocolos baseados em Bluetooth ou transmissão via satélite permitem enviar informações essenciais, como localização geográfica e horário do acidente, garantindo cobertura mesmo em regiões de difícil acesso (DIVYA2003-COMMIT, 2023). Esse tipo de integração entre sensores e comunicação automatizada representa um avanço tecnológico aplicável à infraestrutura urbana, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, especialmente o ODS 3 (Saúde e Bem-Estar) e o ODS 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura).

Além do impacto direto na segurança veicular, sistemas como o SDAT demonstram que alunos do Ensino Médio podem desenvolver soluções inovadoras que aplicam conceitos de ciência e tecnologia em problemas reais. A implementação de sensores de alta precisão, algoritmos robustos e protocolos de comunicação confiáveis evidencia a importância da aprendizagem prática na formação de jovens pesquisadores, incentivando a inovação e a cidadania tecnológica.

3 METODOLOGIA

O desenvolvimento do Sistema de Detecção de Acidentes de Trânsito (SDAT) pelos alunos do 3º ano do Ensino Médio da Escola FIRJAN SESI de Três Rios teve

como ponto de partida uma aula sobre a *Golden Hour*, período crítico após um trauma grave em que a rapidez no atendimento aumenta significativamente as chances de sobrevivência (ANAPH, 2024). A partir desse conceito, os alunos propuseram um sistema capaz de identificar acidentes automaticamente e acionar socorro de forma autônoma, mesmo em locais remotos, sem necessidade de intervenção humana.

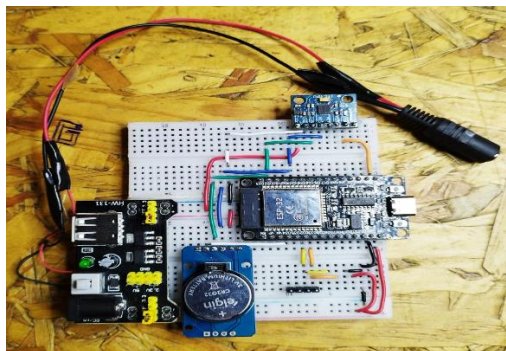
3.1. Componentes do SDAT

O SDAT baseia-se na análise de dados de aceleração, velocidade e ângulos de movimento do veículo para identificar colisões. Os dados são processados pela placa microcontroladora ESP-32, responsável pelo processamento e envio do alerta de emergência. Os componentes principais utilizados foram:

- Sensor TDK *InvenSense* ICM-20948: mede guinada, rolagem, arfagem e aceleração; possui alta sensibilidade para variações bruscas de movimento (OLIVEIRA, 2022).
- Módulo GPS U-Blox NEO-7M: fornece localização precisa do acidente, permitindo acionamento rápido dos serviços de emergência (DIVYA2003-COMMIT, 2023).
- Módulo relógio DS3231: registra horário exato da ocorrência, sincronizado com o processamento dos dados.

Todos os componentes foram montados em uma protoboard com jumpers rígidos, permitindo facilmente a organização e manutenção, além de servir como protótipo funcional para testes iniciais.

Figura 1 - Componentes interconectados à protoboard



Fonte: Elaborado pelos autores

3.2. Programação e Lógica de Detecção

A programação foi realizada no Arduino IDE utilizando C++. A comunicação entre os módulos ocorre pelos protocolos I2C e Serial, garantindo troca rápida de dados entre sensores e microcontrolador.

Os dados de aceleração e inclinação são registrados em uma matriz com tempo (minutos, segundos e milissegundos) e valores nos eixos X, Y e Z. A detecção do acidente ocorre pela análise de variações bruscas em um intervalo de 2,5 segundos. Se os sensores registrarem mudanças acima de um limiar definido, o modo de emergência é ativado.

Para reduzir falsos positivos, foram aplicados filtros de média móvel nos dados dos sensores, uma técnica amplamente utilizada em sistemas embarcados de veículos (YU et al., 2021). A lógica de detecção prioriza combinações dos três eixos, considerando que impactos diagonais ou capotamentos podem não ser detectados com precisão em apenas um eixo.

3.3. Comunicação de Emergência

No protótipo, o alerta é enviado via Bluetooth a um smartphone, que encaminha automaticamente um SMS com localização e horário para um número pré-cadastrado. Na versão final prevista, a comunicação será realizada via modem satelital Iridium *RockBLOCK* MK2, garantindo cobertura global e independência de redes móveis (LEE et al., 2020).

Figura 2 - Modem satcom Iridium *RockBLOCK* MK.2



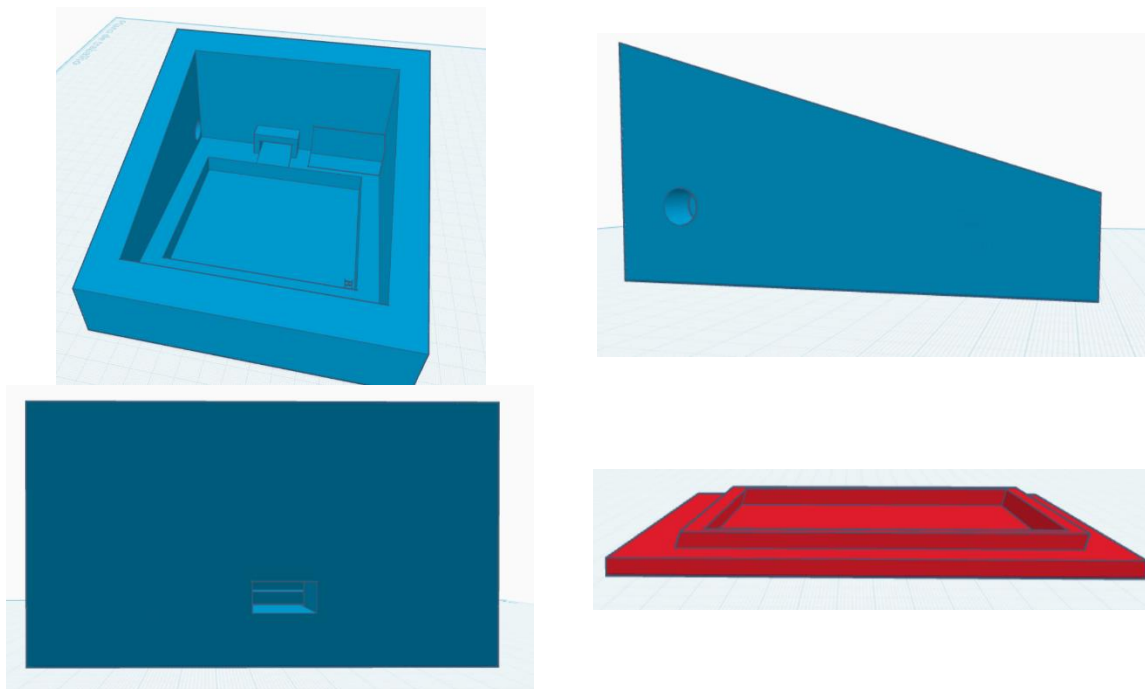
Fonte: *Sparkfun*

3.4. Protótipo físico

O protótipo foi modelado no Tinkercad e impresso em 3D com filamento PLA, oferecendo proteção básica aos componentes. A caixa apresenta aberturas específicas para cabos, bateria e protoboard, garantindo que o sinal GPS não seja

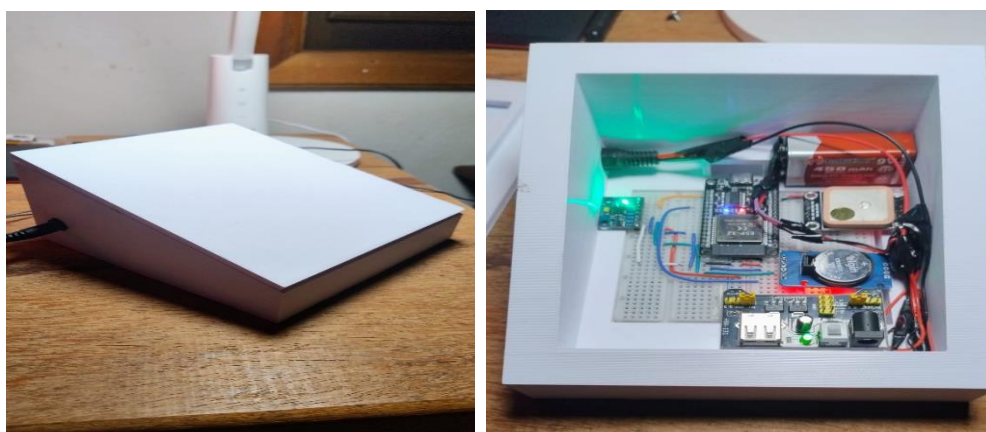
comprometido. O design de baixo perfil permite instalação em diferentes modelos de veículos sem interferir na ergonomia.

Figura 2 - Modelagem da caixa utilizando o tinkercad



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 3 – Tampa e componentes comportados no interior da caixa



Fonte: Elaborado pelos autores

3.5. Custos

O custo aproximado do protótipo foi R\$ 239,96, detalhado a seguir:

- ESP-32 USB-C – R\$ 56,95

- TDK InvenSense ICM-20948 – R\$ 11,11
- Módulo Relógio DS3231 – R\$ 19,80
- Módulo GPS NEO-7M – R\$ 72,98
- Bateria recarregável Elgin 9V – R\$ 30,71
- Protoboard 830 pontos – R\$ 12,26
- 140 Jumpers rígidos – R\$ 13,59
- Fonte ajustável para protoboard – R\$ 10,97

3.5. Testes realizados

Foram conduzidos testes de precisão e resistência:

- Precisão: 100 testes simulando colisões e capotamentos, avaliando detecção correta, falsos positivos e falhas. A combinação dos três eixos atingiu 86% de precisão média, enquanto o eixo Z isolado apresentou menor confiabilidade.
- Resistência do protótipo: 50 testes de impacto aplicando golpes com martelo de borracha, avaliando deformação e integridade do compartimento.

Devido às limitações de espaço e equipamento, não foi possível testar acelerações acima de 2G, o que limita a avaliação da detecção de colisões de alta intensidade.

O SDAT evidencia como o conhecimento técnico adquirido em sala de aula pode ser aplicado em soluções inovadoras, promovendo segurança no trânsito e aprendizagem prática interdisciplinar.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para avaliar o desempenho do protótipo do SDAT, foram realizados testes de precisão e resistência, com o objetivo de verificar a confiabilidade na detecção de acidentes e a integridade do compartimento. Os testes de precisão consistiram na simulação de colisões e capotamentos, movimentando o protótipo em diferentes direções e velocidades. Já os testes de resistência aplicaram impactos com martelo de borracha para avaliar deformações e pontos frágeis do compartimento. O período de testes ocorreu entre 2 e 6 de junho, totalizando 100 testes de precisão (20 por dia) e 50 testes de impacto (10 por dia).

Os resultados indicaram uma média de 79% de detecção correta de acidentes, com 12% de falsos positivos e 9% de falhas de detecção. Devido a avarias no sensor ICM-20948, os testes foram realizados com o MPU-6050, que apresentou desempenho inferior ao sensor original, impactando a precisão geral do sistema.

A análise por eixos revelou diferenças significativas: o eixo Z isolado apresentou menor confiabilidade, enquanto a combinação dos eixos Y e Z reduziu a precisão para 70%. A maior precisão média, 86%, foi observada na análise combinada dos três eixos (X, Y e Z), confirmando que a detecção de acidentes deve considerar movimentos multidimensionais, especialmente em capotamentos ou colisões diagonais.

Embora os testes tenham sido limitados pela impossibilidade de simular acelerações superiores a 2G, os resultados preliminares demonstram o potencial do SDAT para reduzir o tempo de resposta em acidentes. A aplicação de filtros de média móvel nos dados dos sensores contribuiu para a redução de falsos positivos, reforçando a robustez do algoritmo de detecção (YU et al., 2021).

Comparando com sistemas comerciais, como os sensores de acidentes integrados a *smartwatches*, o SDAT apresenta vantagem em precisão e custo, além de oferecer a possibilidade de comunicação via satélite, garantindo cobertura em áreas remotas (LEE et al., 2020). Assim, os resultados evidenciam que, mesmo em protótipo, o SDAT pode contribuir significativamente para a segurança no trânsito, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, em especial ODS 3 (Saúde e Bem-Estar).

Figura 4 - Precisão de detecção relativa ao eixo de rotação alterado.



Fonte: Elaborado pelos autores

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os testes realizados com o protótipo do SDAT demonstraram uma média de 86% de precisão na detecção de acidentes quando combinados os três eixos, com 12% de falsos positivos e 9% de falhas, evidenciando a necessidade de novos ensaios para validar o desempenho em acelerações acima de 2G. A utilização de break-out boards, embora prática e de menor custo, apresentou instabilidade, reforçando a necessidade do desenvolvimento de uma placa de circuito impresso (PCI) customizada, prevista para as próximas fases do projeto, visando maior confiabilidade do sistema.

O compartimento físico desenvolvido mostrou boa adaptação a diferentes modelos de veículos, fácil instalação e baixo perfil, mas será substituído por um material mais resistente a impactos e variações de temperatura, garantindo maior proteção aos componentes eletrônicos.

O SDAT evidencia como o conhecimento técnico adquirido pelos alunos do 3º ano do Ensino Médio da Escola FIRJAN SESI de Três Rios pode ser aplicado em soluções reais, promovendo aprendizagem prática, interdisciplinar e tecnológica. A automatização da comunicação em acidentes de trânsito tem potencial para reduzir o tempo de resposta e salvar vidas, especialmente em regiões remotas com cobertura de rede limitada.

Futuras melhorias no protótipo e no algoritmo de detecção permitirão consolidar o SDAT como uma solução tecnológica acessível, segura e socialmente relevante, demonstrando o impacto positivo de projetos educativos aplicados à segurança viária.

REFERÊNCIAS

ANAPH – Associação Nacional de Atendimento Pré-Hospitalar. Golden Hour e a importância do atendimento rápido em traumas. São Paulo, 2024. Disponível em: <https://www.anaph.org.br>. Acesso em: 27 ago. 2025.

DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito. *Relatório Anual de Acidentes de Trânsito 2023*. Brasília: Ministério da Infraestrutura, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/denatran>. Acesso em: 27 ago. 2025.

DIVYA2003-COMMIT. U-Blox NEO-7M GPS Module Documentation. 2023. Disponível em: <https://github.com/divya2003-commit>. Acesso em: 27 ago. 2025.

LEE, J.; PARK, S.; KIM, H. Satellite-based emergency communication systems for intelligent transportation. **International Journal of Transportation Science and Technology**, v. 9, n. 3, p. 245-256, 2020.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). Indicadores de acidentes de transporte terrestre 2022. Brasília: Ministério da Saúde, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/saude>. Acesso em: 27 ago. 2025.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES (Brasil). Estatísticas da frota nacional de veículos 2024. Brasília: Ministério dos Transportes, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes>. Acesso em: 27 ago. 2025.

OLIVEIRA, R. M. Sensores embarcados para monitoramento de colisões automotivas. **Revista de Engenharia Aplicada**, v. 15, n. 2, p. 55-67, 2022.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). Global status report on road safety 2022. Geneva: WHO, 2022. Disponível em: <https://www.who.int>. Acesso em: 27 ago. 2025.

YU, X.; ZHANG, L.; WANG, Y. Motion-sensor based accident detection in vehicles: reducing false positives with data filtering. **Sensors**, v. 21, n. 5, p. 1-12, 2021.